

情報技術の進歩に起因する企業の変動的固定費を考慮した非線形損益分岐点

On Nonlinear Break-Even Point that Considers Changing Fixed Costs of Enterprise that Originates in Advancement of IT

清水 静江

Shizue SHIMIZU

概要

本論文は、経営活動の機能の変化に伴う費用分析に関して議論し、利益が発生する時点までの期間の変動的な固定費を考慮した損益分岐点について言及する。

経営活動においては、研究開発フェーズから製品の生産準備を経て販売を開始し、利益が発生する時点^[1]に至るまでに多額の費用が要求される。そして、この過程において必要とされる固定費には、情報通信技術の進歩とともに発生する情報機器設備の機能の稼働劣性に起因する変動的側面が存在するものと考えられる。この点を考慮した損益分岐点の考察は企業の経営分析に有効な情報を提供するものである。

キーワード：MOT、変動的固定費、損益分岐点期間（BET）、稼働劣性、売上高曲線

Abstract

This paper discusses the expense analysis according to the change in the function of the management activities and refers the break-even point that considers changing fixed costs at the period until point where the profit is generated. In the management activities, sales begin from the research and development phase through the production preparation of the product, and the expense for the treatment is demanded at time point^[1] where the profit is generated. And, it is thought that changing side where the function of the information instruments equipment generated with the progress of information and telecommunications technology originates in inferior operation exists in fixed costs needed in this process. The consideration of the break-even point that considers this respect offers effective information to the analysis for management on the enterprise.

Keywords: MOT, changing fixed costs, break-even time (BET), operation inferiority, sales curve

目次

1. 緒論
2. 非線形損益分岐点分析
 - 2.1 損益分岐点期間 (Break Even Time)
 - 2.2 売上高曲線
3. 平均資本費用
4. 稼働劣性の改善コストと稼働運用コスト
5. 変動固定費を考慮した損益分岐点期間
6. 結論
7. 参考文献

1. 緒論

近年における ICT (Information Communication Technology) の発展は、市場の要求と競争優位性確保の立場から製品化のリードタイムを短縮することへの要求を強くしており、この要求は市場に投入する情報機器の稼働劣性を一層促進している。そのために、企業は導入した情報機器の稼働劣性を改善するための投資が必要となり、従来一定と考えられて来た固定費が現実には大きく変動している。

すなわち、企業において製品開発から利益計上が可能となる時点までの投資は、設備投資及び技術導入に係わる費用の割合が固定費として作用するが、それは投資の導入時点により変動的な固定費となるといえる。特に、導入設備が技術進歩の影響を受ける場合、導入した設備や技術は短期間に陳腐化し、価値磨耗が発生して企業活動のバリュー・チェーン (Value chain) に与える負の影響は大きい。本論では、これらの点を考慮して変動的な固定費の設定方法と、売上高、変動費、固定費の動特性が非線型である場合の損益分岐点について議論する。

2. 非線形損益分岐点分析

2.1 損益分岐点期間 (Break Even Time)

企業の年度内の活動においては、市場性の複雑な変化によって特定の時点で販売計画や生産計画の変更や修正が必要となることが多い。新製品を市場に導入した場合、一般に導入した後においても生産は継続しており、導入後は時間の経過と共に売上高が飽和して利益は下降傾向を辿る。このような現象を回避して市場性を維持する為に、企業は営業努力を一層促進するが、営業活動に要する変動費の増加により利益は減少傾向を示すことになる。

一般的に変動費の増加が利益の確保に及ぼす影響は大きく、企業では利益を確保するために変動費を減少させる努力が要求される。しかし、利益の確保に及ぼす影響は、変動費を減少させることよりもそれ以外の諸条件の変化による方が大きいことが多く、製品の市場性が良好で売上高が上昇又は維持され、操業が継続して生産数量が確保されている場合でも粗利益は減少していることが多い。したがって、現実には生産数量に対する売上高、利益、費用の関係は複雑で時間の経過に対して非線形関係である。すなわち、売上高線、変動費線、及び固定費線は、共に非線形特性を示している。このような観点から、従来から使用されている線形の損益分岐点図表を、市場性の変動の影響や企業自身の経営活動の変化に対応した財務体質の分析に適用するには不具合であり、従来の損益分岐点分析より非線形損益分岐点分析^[2]によって検討するのが妥当であると言える。

非線形損益分岐点分析においては、販売実績数量の変化に対応した売上高曲線と費用曲線を有する損益分岐点を、2つの曲線の交点を用いて分析する非線形損益分岐点図表を用いて分析する。図1は、計画期間内において、時間の経過に対する固定費を一定、売上高と変動費が非線形に変動すると考えた非線形損益分岐点図表である。図において、利益が確保できるのは売上線が費用線の上方にある期間であり、その期間は2つの曲線の交点を与える時点によって決まる。2つの曲線の交点を“非線形損益分岐点 (Nonlinear

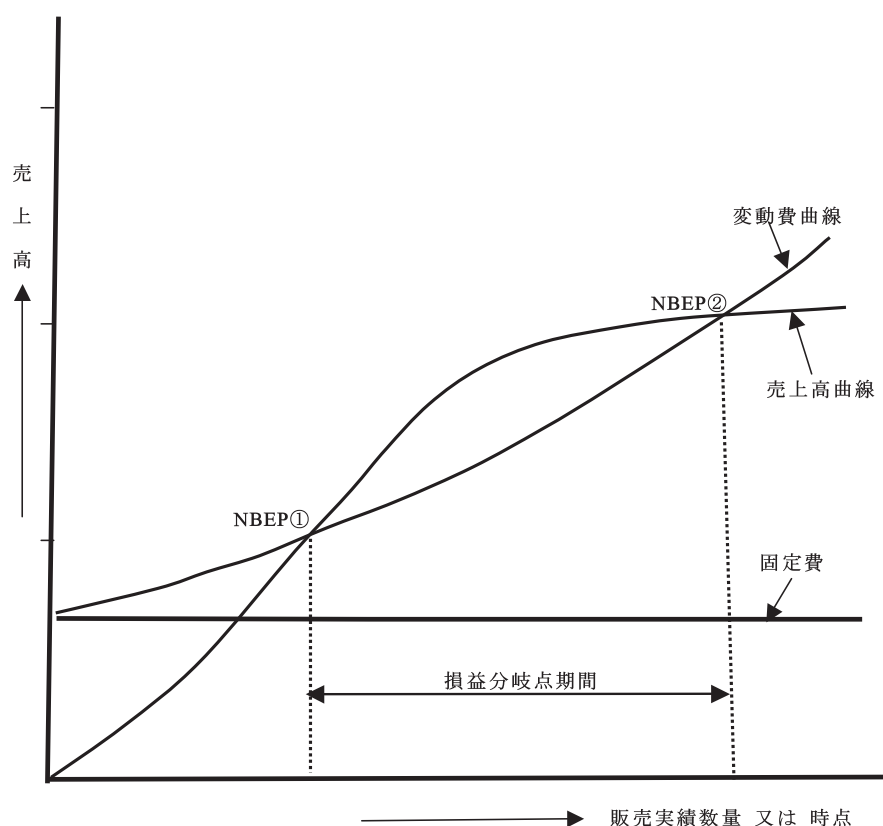


図1 非線形損益分岐点期間図表

break even point ; NBEP) ”、利益が確保できる期間を “損益分岐点期間 (Break even time ; BET) ” と呼ぶ。

2.2 売上高曲線^[2]

ライフサイクルの短い製品の販売計画においては、製品の市場性を考慮して比較的短期間の計画を策定して実施するが、計画時点の販売数量（市場性を示す） $x_{n-1}(t)$ と、計画を実施して次の計画時点に至るまでの間の販売実績数量 $x_n(t)$ との間には、各計画時点で差が生ずる。一般に、計画数量と販売実績数量との関係は機会損失の発生を避けるために計画数量が販売実績数量より大きくなる様に計画されている。また、計画数量と販売実績数量はそれぞれ時間の関数で、記号 n と t ($n \neq t$) はそれぞれ計画の時点と時間を表す。この時、時点 n における計画数量と販売実績数量との差 $u_n(t)$ は次式で与えられる。

$$u_n(t) = m(a_{n-1}x_{n-1}(t) - b_nx_n(t)) \quad (1)$$

(1)式において、 $0 < m \leq 1$, $0 < a_{n-1} \leq 1$, $0 < b_n \leq 1$ はそれぞれ、経営活動上の修正係数、計画数量の修正係数、返品等による販売数量の修正係数を表す。特に、 m は第2時点以降の計画において販売数量を決定してから販売を開始するまでの間に継続している販売活動によって発生する売上数量の修正係数である。これらの修正が無い場合、すなわち $m = 1$, $a_{n-1} = 1$, $b_n = 1$ の場合の計画数量と販売実績数量の差は (1)式より $u_n(t) = [x_{n-1}(t) - x_n(t)]$ と記述される。

対象製品のある時点における販売実績数量の実績値を $x_n(t)$ とすると、計画実施後の販売実績数量の増加の割合は $[dx_n(t)/dt]/x_n(t)$ で表される。更に、販売実績数量の増加の割合は $u_n(t)$ に比例すると考えられることから次式を得る。

$$\frac{1}{x_n(t)} \frac{dx_n(t)}{dt} = B_n u_n(t) \quad (2)$$

$$u_n(t) = m(a_{n-1}x_{n-1}(t) - b_nx_n(t)) \quad n = 1, 2, \dots, N$$

B_n は比例定数

(2)式を変形して、

$$\frac{dx_n(t)}{dt} = B_n u_n(t) x_n(t) \quad (3)$$

と記述すれば、(3)式は多段階における販売数量の状態推移を示すシステムの状態方程式を表現している。したがって、 n 時点の販売実績数量 $x_1(t)$, $x_2(t)$, \dots , $x_n(t)$ は (3) 式の多段階の解として求められる。

更に、ある販売時点 n において売れ残り営業在庫量を A_n とすれば、対象製品の n 時点における増加量の割合は (2) 式を用いて、

$$\frac{1}{x_n(t)} \frac{dx_n(t)}{dt} = A_n + B_n u_n(t) \quad (4)$$

と記述され、(4)式から、

$$\frac{dx_n(t)}{dt} = [A_n + B_n u_n(t)] x_n(t) \quad (5)$$

を得る。(5)式は双線形システム (Bilinear systems^{[4][5][6]}) の基本形を示しており、それは状態変数 x_n と入力変数 u_n が交絡した状態を表現した非線形システムである。双線形システムの可制御性、安定性などの制御工学的な証明は文献 [4]、[5]、[6] に従うものとする。(5)式に (1)式を代入して整理すれば

$$\frac{dx_n(t)}{dt} = [c_1 - c_2 x_n(t)] x_n(t) \quad (6)$$

$$c_1 = m B_n a_{n-1} x_{n-1}(t) + A_n$$

$$c_2 = m B_n b_n$$

$$0 < m \leq 1, \quad 0 < a_{n-1} \leq 1, \quad 0 < b_n \leq 1$$

と記述される。(6)式は周知のロジスティックモデルを表現しており、(6)式の解曲線が売上高曲線となる。営業在庫、販売計画の修正、販売実績の修正、売上数量の修正がない場合、すなわち $A_n = 0$, $m = 1$, $a_{n-1} = 1$, $b_{n-1} = 1$ の場合、売上高曲線は (6) 式を積分して次式で与えられる。

$$x_n(t) = x_{n-1}(t) [1 + c_0 \exp(-c_1 t)]^{-1} \quad (7)$$

$$c_1 = B_n x_{n-1}(t), \quad c_0 \text{ は積分定数}$$

3. 平均資本費用

導入する新設備の年平均資本費用は、新設備の導入における投資額と現存する情報設備機器（以後、システムと言う）の原価の見積残存価格との差に投資回収係数（Return of Investment : ROI）を考慮して決定する。すなわち、初期投資額：C、新技術への投資額： C_E 、システムのn年後の残存価値：F、IT技術の革新による価値減耗率： r_{IT} 、関連する新技術の発生による価値減耗率： r_E 、耐用年数：n、年利率：iと仮定すると、導入する新設備の資本費用の現在価値Vは次式で計算される。

$$V = C - [F(1+i)^{-n}] + C_E(1-r_E)^n(1+i)^{-n} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &= C - C(1-r_{IT})^n(1+i)^{-n} - C_E(1-r_E)^n(1+i)^{-n} \\ &= C[1 - (1-r_{IT})^n(1+i)^{-n}] - C_E(1-r_E)^n(1+i)^{-n} \quad (9) \\ &\text{where } F = C(1-r_{IT})^n \end{aligned}$$

さらに、投資回収期間をnとすれば、年平均資本費用 V_{AV} は (9) 式に投資回収係数を乗じて

$$V_{AV} = V \cdot i(1+i)^n [(1+i)^n - 1]^{-1} \quad (10)$$

と記述される。なお、新設備の導入に当たっては、新しい情報システムの開発に伴って従来のシステムの性能が劣化することによる業務活動の能率低下を改善するために、新システムの機能の更新への投資を余儀なくされ、新システムの導入時に導入したハードウェアおよびソフトウェアのシステム変更にかかる費用についての検討が必要となる。そのことは平均資本費用に設備費として計上される固定費の増分を考慮する事の必要性を示唆している。

4. 情報システムの稼働劣性の改善コストと稼働運用コスト

経営活動の各プロセスで運用している情報システムの機能の稼働劣性は、技術の革新と共に顕著であり、劣化の進行速度が速いことは周知の通りである。導入した情報システムの機能の稼働劣性をJ年後に改善する場合に必要なコストの推移の動特性は、(11)式で与えられると想定される。

$$f(x) = v_{rc} [(1 - \exp(1 - x))]^\alpha + u_{oc} [1 - \exp(J - x)]^\beta \quad (11)$$

α ; 初年度の支払条件を決定するパラメータ

β ; J 年目の支払条件を決定するパラメータ

(11)式において、 $v_{rc}(i)$ は i 回目の更新における初年度の導入コストと稼働劣性度の改善コスト（性能向上に必要な買い替えの費用を含む）を表わし、 $u_{oc}(i)$ はシステムの稼働運用コストを表している。すなわち、(11)式の右辺の第1項は i 回目の更新における初年度のシステム導入コストを表し、第2項は J 年目に発生した稼働劣性の改善コストを表す。初年度は稼働劣性が存在しないことから、システムの耐用年数を n としたときの年平均の機能稼働劣性 I_{AV} は、

$$I_{AV} = \left[\sum_{k=1}^n f(x_k) (1+i)^{-k} \right] i (1+i)^n [(1+i)^n - 1]^{-1} \quad (12)$$

と記述される。ここで k は導入する設備に劣化が発生するまでの年数を表し、この設備の稼働劣性度を改善する為の費用（改善コスト）が必要となる。しかし、実際面においては設備の運用コストと稼働劣性度の改善コストは区別しにくく、設備の稼働劣性度の改善コストとしては (11)式で記述されるコストと同額以上が必要となる。

更に、この年平均の機能稼働劣性に伴う経営活動の機能の変化によって、経営活動の各プロセスにおけるコストが増大し、そのコストを、

$$C_p = g(x) \quad (13)$$

と記述する。以上から、新システムの導入にかかる年平均総コスト TC は、(10)式、(12)式、および (13)式から次式で計算される。

$$TC = V_{AV} + I_{AV} + C_p \quad (14)$$

すなわち、

$$TC = \left[V + \sum_{k=1}^n f(x_k) (1+i)^{-k} \right] i (1+i)^n [(1+i)^n - 1]^{-1} + C_p \quad (15)$$

と記述され、(15)式が経営活動の各プロセスで発生する変動的な固定費となる。

5. 変動固定費を考慮した損益分岐点期間

図2は、製品開発を開始してから利益が計上できるまでの期間（BET）を示す非線形損益分岐点期間図表を表しており、製品の開発を開始し、その製品の販売を開始して利益が発生するまでの「変動固定費」の変化の挙動を示している。この固定費変動の理由が、技術革新に左右される導入設備機器に発生する稼働劣性に起因して発生する稼働劣性依存コストによることは前節で述べた。実際には、設備機器の稼働劣性度のレベルは対象によって異なるが、一般的にハードウェアおよびソフトウェアを含んだシステムで発生する稼働劣性度のレベルが高く、損失金額は大きくなる。このような稼働劣性に依存する変動固定費となる部分を、図2では稼働劣性コストの平均値（図中の \longleftrightarrow 部分）として示している。

図において、製品開発の後、製品の市場導入によって利益が発生し、利益の計上が可能となる期間（BET）は、変動費曲線と売上高曲線との交点から求められる。すなわち、最初に発生する損益分岐点（NBEP①）において利益が発生し、次に発生する損益分岐点（NBEP②）までの期間が、利益が確保できる期間すなわち損益分岐点期間となる。こ

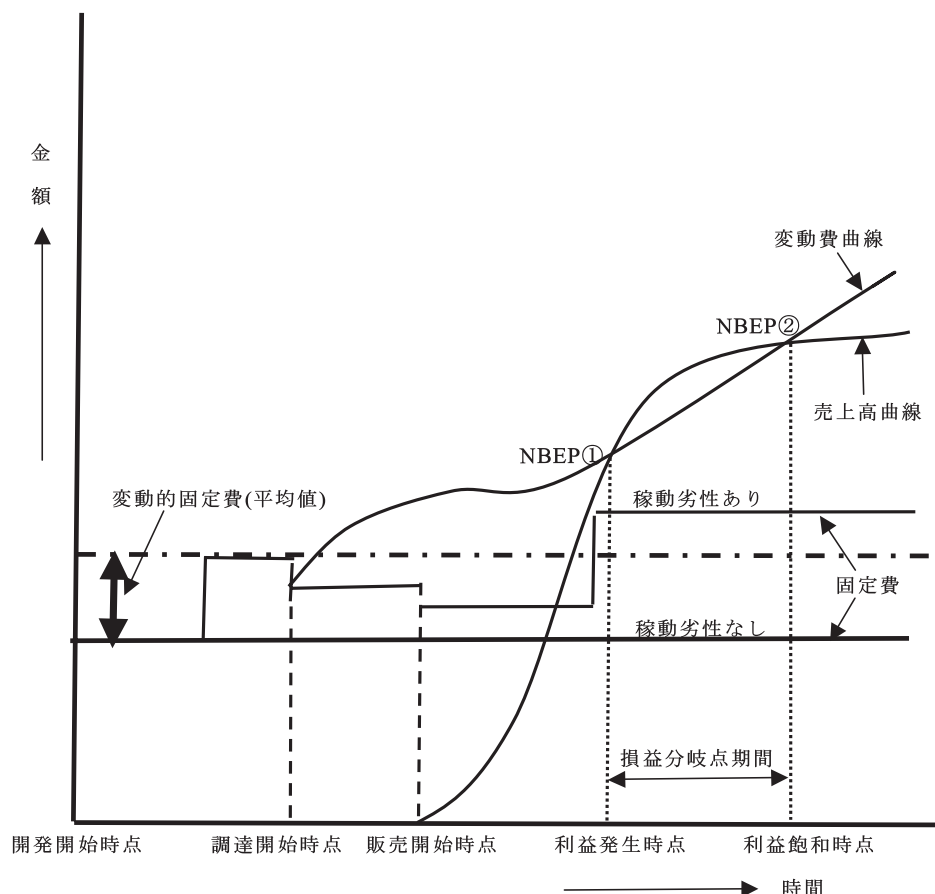


図2 設備機能の稼働劣性を考慮した変動固定費と損益分岐点期間を示した損益分岐点期間図表

の場合の売上高曲線の特性は 2.2 で述べたとうりであり、図に示されている売上高曲線は (7) 式より

$$X_n(t) = X_{n-1}(t) [1 + c_0 \exp(-c_1 t)]^{-1} \quad (16)$$

$c_1 = B_n X_{n-1}(t)$ 、 c_0 は積分定数

で与えられる^[2]。

6. 結論

技術革新の影響を受ける情報システムの場合には、設備機能の稼動劣性を補償するためのコストが必要であり、そのことが利益計画に影響を与える事は既に述べた。すなわち、技術革新の影響を受けて短期間に劣化する設備の機能を改善するためのコストがかかり、計画した利益が確保できないことである。それは、従来は変動しないものとして扱われてきた固定費が変動することによって、損益分岐点分析の方法が現実合わない側面を持っているものと考えられる。

本論では、技術革新の影響を受ける設備機能の稼動劣性を取り上げ、その劣性度を改善するコストが変動的固定費として利益の低下を発生させる状況を理論的に指摘し、同時に非線形損益分岐点分析の方法を用いて利益が確保できる期間を明示した。

一般的に、製品の開発計画から利益を発生させて利益の計上が可能となるリードタイムは短いほど良いが、生産計画や販売計画の立案においては設備機能の稼動劣性や減価償却年数を十分検討すべきであるといえる。

参考文献

- [1] グローバルタスクフォース(株),『MOT, テクノロジーマネージメント』, 総合法令出版, 2004, pp. 84-85
- [2] 西川智登, 清水静江他, “非線形損益分岐点分析に関する考察”, 『日本経営システム学会誌』, Vol.20, No.1, 2003, pp. 59-65
- [3] 伏見多美雄,『企業の経済分析』, 中央経済社, 1979, pp. 15-38
- [4] Mohler, R. Ronald,『Bilinear Control Processes』, Academic Press, New York and London, 1973
- [5] Willsky, A. S. and Marcus, S. I., “Estimation for Bilinear Stochastic Systems”, MIT, NASA-cr-138868, 1974, pp. 1-54

- [6] Brockett, R. W., 『On the Algebraic Structure of Bilinear Systems in Theory and Application of Variable Structure 』, Academic Press, 1972, pp.153–168
- [7] 西川智登他, “技術経営 (MOT) における変動的固定費に関する考察”, 『第1回日本流通情報学会全国研究発表大会予稿集』, 2004, pp. 31–34